

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-017220

(43)Date of publication of application : 22.01.1999

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 10-128077

(71)Applicant : SHOGEN KODEN KOFUN YUGENKOSHI

(22)Date of filing : 23.04.1998

(72)Inventor : LEE BING-JYE  
JOU MING-JIUNN  
TAN SHORIN

(30)Priority

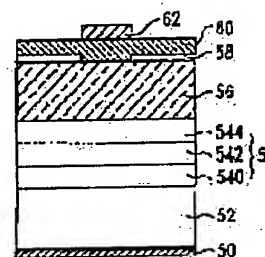
Priority number : 97 86108537 Priority date : 18.06.1997 Priority country : TW

## (54) LIGHT-EMITTING DIODE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enhance light-emitting efficiency by laminating an active layer, a clad layer, a window layer, a contact layer, and the like one after another, depositing thereon a conductive translucent oxide layer, while providing the contact layer with a recessed portion, and further forming thereon a second electrode whose size and position correspond with those of the recessed portion.

**SOLUTION:** A lower layer electrode 50 is provided thereon with a substrate 52 and an overlap layer 54 consisting of a lower clad layer 540, an active layer 542 and an upper clad layer 544. Further, a window layer 56 and a contact layer 58 are formed on the overlap layer 54. Subsequently, a position for forming a recessed region is determined on the central region of the contact layer 58. The determined position is etched until a portion of the window layer 56 appears to form the recessed region. Thereafter, a conductive translucent oxide layer 60 is formed on the contact layer 58, which is then further provided thereon with an upper layer electrode 62 of which size and position correspond with those of the recessed region. Thus, since supplied current is dispersed to the entire light-emitting diode, and the conductive translucent oxide layer 60 does not absorb light emitted from the active layer 542, luminance is enhanced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

23.04.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3084364

[Date of registration]

30.06.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3084364号  
(P3084364)

(45) 発行日 平成12年9月4日(2000.9.4)

(24) 登録日 平成12年6月30日(2000.6.30)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

B

E

請求項の数22(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-128077

(22) 出願日 平成10年4月23日(1998.4.23)

(65) 公開番号 特開平11-17220

(43) 公開日 平成11年1月22日(1999.1.22)

審査請求日 平成10年4月23日(1998.4.23)

(31) 優先権主張番号 8 6 1 0 8 5 3 7

(32) 優先日 平成9年6月18日(1997.6.18)

(33) 優先権主張国 台湾 (TW)

(73) 特許権者 598061302

晶元光電股▲ふん▼有限公司

台湾新竹市科学工業園區區二路48號

(72) 発明者 李 秉傑

台湾新竹市光明新村98號

(72) 発明者 周 銘俊

台湾新竹縣竹東鎮明星路216巷15號

(72) 発明者 譚 昌琳

台湾新竹市東區民享一街12巷18號

(74) 代理人 100065776

弁理士 志村 正和 (外4名)

審査官 近藤 幸浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光ダイオード

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1電極上に形成された基板と、該基板の上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層の上に形成されてその電気抵抗が該第2クラッド層の電気抵抗より小さい第2導電型を有するウインドウ層と、該ウインドウ層の上に形成されてオーミックコンタクト (ohmic contact) を提供するのに用いられる第2導電型を有するコンタクト層とされて、該コンタクト層の上端から該コンタクト層の底部まで延伸され該ウインドウ層の表面まで貫通する凹んだ領域が設けられているものと、該コンタクト層の上に形成された導電透光酸化層とされ、該コンタクト層内に位置する該凹んだ領域を充填し、導電透光酸

化層とウインドウ層の界面はそれによりショットキーバリアを形成し、それにより電気抵抗がコンタクト層を経由してウインドウ層に至る部分よりも大きいものと、第2電極とされ、該導電透光酸化層の一部の表面上に形成され、その大きさと位置が該コンタクト層内の該凹んだ領域に対応するもの、以上を少なくとも包括して構成された、発光ダイオード。

【請求項2】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項3】 請求項2に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInP多重量子井戸構造を有することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項4】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記ウインドウ層がGaP、GaAsP、GaIn

(2)

3

P、AlGaInP及びAlGaAsの少なくともいずれか一つを有することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項5】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記コンタクト層が、GaAsP、GaP、GaInP及びGaAsの少なくとも一つを包括することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項6】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記導電透光酸化層が酸化インジウム錫、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化マグネシウムの少なくとも一つを含むことを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項7】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が少なくともGaAsを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項8】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記第1クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項9】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記第2クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項10】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、さらに第1導電型と多数層を有するブラッグ反射層(distributed Bragg reflector)が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項11】 請求項10に記載の発光ダイオードにおいて、上記ブラッグ反射層がAlGaInPとAlGaAsのいずれか一つを少なくとも有することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項12】 第1電極上に形成された基板と、該基板の上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層の上に形成されてその電気抵抗が該第2クラッド層の電気抵抗より小さい第2導電型を有するウインドウ層と、該ウインドウ層の上に形成されたオーミックコンタクト(ohmic contact)を提供するのに用いられる第2導電型を有するコンタクト層とされ、該コンタクト層の一部及び該ウインドウ層の一部に「H<sup>+</sup>あるいはO<sup>+</sup>」のイオンレイアウトにより高抵抗領域が形成されるものと、該コンタクト層と該絶縁領域の上に形成されて電気抵抗が該ウインドウ層及びコンタクト層の電気抵抗より小さい導電透光酸化層と、第2電極とされて、該導電透光酸化層の一部の表面上に形成され、該第2電極の大きさと位置が該ウインドウ層内の該高抵抗領域に対応するもの、少なくとも以上を包括して構成された発光ダイオード。

【請求項13】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項14】 請求項13に記載の発光ダイオードに

4

において、前記活性層が少なくともAlGaInP多重量子井戸構造を有することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項15】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記ウインドウ層がGaP、GaAsP、GaInP、AlGaInP及びAlGaAsの少なくともいずれか一つを有することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項16】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記コンタクト層が、GaAsP、GaP、GaInP及びGaAsの少なくとも一つを包括することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項17】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記導電透光酸化層が酸化インジウム錫、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化マグネシウムの少なくとも一つを含むことを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項18】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が少なくともGaAsを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項19】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記第1クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項20】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記第2クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項21】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、さらに第1導電型多数層を有するブラッグ反射層(distributed Bragg reflector)が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項22】 請求項21に記載の発光ダイオードにおいて、上記ブラッグ反射層がAlGaInPとAlGaAsのいずれか一つを少なくとも有することを特徴とする発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一種の発光ダイオードの構造に関し、さらに詳しくは、クラッド層を有する発光ダイオードの構造に関する。

【0002】

【従来の技術】AlGaInP結晶技術中、AlとGaの活性層内の比率を調整することで、波長550～680nmの間の発光ダイオードを製造できる。このMOVPE(metalorganic vapor phase epitaxy有機金属気相エピタキシー)技術を応用することで良好なAlGaInPヘテロ接合素子を形成できる。伝統的な発光ダイオードのAlGaInPヘテロ接合構造は、n形GaAs基板の上のn形AlGaInPクラッド層、該クラッド層上のAlG

(3)

5

a InP活性層、及び該活性層上に形成されたp形AlGaInPクラッド層を包括する。

【0003】発光ダイオードを有効に操作するためには、AlGaInPヘテロ接合のpn接合面に注入する電流が水平方向に均一に分散して均一な光線を発するようになる必要がある。MOVPE法で形成したp形AlGaInPクラッド層の不純物導入濃度は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上を達成しにくかった。さらに、p形AlGaInP半導体内の正孔遷移率(mobility)は、ほぼ $10 \sim 20 \text{ cm}^2 \text{ v} / \text{ sec}$ と、極めて低い。このためp形AlGaInP半導体内の抵抗値は極めて大きく(ほぼ $0.3 \sim 0.6 \Omega \cdot \text{cm}$ )、電流の分散性が極めて悪くなった。さらに、もしAlGaInP内のAl含有量が増加すると、抵抗値が顕著に増加した。ゆえに電流が金属電極付近に集中して電流クロウディング(current crowding)の問題を形成した。

【0004】Fletcher等によるアメリカ合衆国特許第5,008,718号中には、電流クロウディングを克服する技術が開示されている。図1に示されるように、それは、下層電極10、n形GaAs基板12、AlGaInPヘテロ接合構造14、p形GaPで形成ウインドウ層16及び上層電極18を包括する。上述のAlGaInPヘテロ接合構造14はn形AlGaInP下クラッド層140、AlGaInP活性層142及びAlGaInP上クラッド層144を包括する。ウインドウ層には低抵抗値の材料が選択され、それにより電流を均一に分散させ、且つそのバンドギャップはAlGaInPより大きく、それによりウインドウ層が活性層からの光線を透明となすことができる。

【0005】紅色から橙色の光を発生する発光ダイオードでは、通常AlGaAsがウインドウ層の材料として用いられる。この材料は底層のn形GaAs基板12の結晶を相互にマッチさせるという優れた点を有している。黄色から緑色の光を発生する発光ダイオードでは、ウインドウ層の材料として通常GaAsP或いはGaPが採用される。この材料はAlGaInPヘテロ接合構造14とn形GaAs基板12をマッチさせるに欠点を有している。この欠点により高い転位(dislocation)密度がもたらされ、それが素子の操作寿命に影響する。K. H. Huang等によるApplied Physics Letter, vol 61(1992), 第1045頁中には類似の構造が記載されており、それは約50ミクロン厚さのウインドウ層16を有している。この構造はウインドウ層を持たない伝統的な発光ダイオードの3倍の発光効率を有し、且つ10ミクロンウインドウ層を有する従来の発光ダイオードの2倍の発光効率を有している。しかし、この構造は、2種類の製造工程により実施され、即ちMOVPE法でAlGaInPヘテロ接合を形成し、さらにVPE(vap

6

or phase epitaxy, 気相エピタキシー)でGaPウインドウ層16を形成するため、製造時間と複雑度が増加した。

【0006】図2は別の周知の発光ダイオードの構造を示している。それは、アメリカ合衆国特許第5,048,035号に記載されているものであり、図1と同じ層は同じ符号を以て表示している。図1の構造のほか、この構造ではAlGaInPクラッド層20がヘテロ接合構造14の上に形成されており、また、GaAsコンタクト層がウインドウ層16と上層電極18の間に形成されている。クラッド層20は上層電極18に対応する位置にあり、電流が電極下方のクラッド層20を通過しないようにして、電流が水平方向に有効に分散するようにしてある。この構造は2回のMOVPE工程を要し、即ち第1回のMOVPE工程でヘテロ接合構造14とクラッド層20を形成し、さらにリソグラフィ技術でクラッド層20の領域を画定し、最後に第2回MOVPE法でウインドウ層16を形成する。

【0007】図3は、第3の従来の発光ダイオードの構造を示し、アメリカ合衆国特許第5,481,122号に記載されたものであり、図1と同じ層は同じ符号で表示してある。図3に示される構造では、図1のp形GaPで形成ウインドウ層16に代えて、p形コンタクト層40及び導電透光酸化層42が採用されている。通常、酸化インジウム錫(ITO)により導電透光酸化層42が形成されて、可視光範囲内で90%の透光性が得られる。その抵抗係数は約 $3 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ でp形AlGaInPの千分の一の大きさであり、且つp形GaPの抵抗の百分の一の大きさである。しかし、0.1~5ミクロンの最薄厚さの層はこの結晶側面より発生する光を有効に利用できず、このため発光ダイオードの発光効率が制限された。

【0008】図4は第4の従来の発光ダイオードの構造を示し、図3のものと同じ層は同じ符号で表示してある。この構造中、電極層19とp形AlGaInP上クラッド層144の間にはショットキーバリア(Shotky barrier)が形成されている。このショットキーバリアと導電透光酸化層42は電極層19の底を流れる電流を横向きに分散させるのに用いられる。この構造の欠点は、比較的複雑な製造工程により導電透光酸化層42、コンタクト層40及び上クラッド層144を蝕刻する必要があることである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上述の従来の技術による発光ダイオードの多くの欠点を鑑み、本発明では、ショットキーバリア、絶縁領域、高抵抗領域或いは拡散pn接合界面を形成することで、クラッド層を形成し、それによりダイオードの輝度を高め、製造コストを下げ、紅色と緑色の間の光を発生する発光ダイオードを提供することを課題としている。

(4)

7

【0010】本発明は次に、一種の発光ダイオードを提供することを課題とし、それは、そのほとんどをMOVPE法で製造し、ゆえに、その組成、キャリア濃度、組成厚さを正確に制御でき、工程を簡素化できるものとする。

【0011】本発明はさらに、一種の発光ダイオードを提供することを課題とし、それは、多重量子井戸 (multiple quantum well) 構造を使用して活性層となすことで、結晶品質と発光ダイオードの発光効率を改善したものとする。

【0012】本発明はさらにまた、一種の発光ダイオードを提供することを課題とし、それはブラッグ反射層を有して、それにより活性層からの光線の基板による吸収を減少して、発光ダイオードの発光効率を高めたものとする。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、第1電極上に形成された基板と、該基板の上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層の上に形成されてその電気抵抗が該第2クラッド層の電気抵抗より小さい第2導電型を有するウインドウ層と、該ウインドウ層の上に形成されてオーミックコンタクト (ohmic contact) を提供するのに用いられる第2導電型を有するコンタクト層とされて、該コンタクト層の上端から該コンタクト層の底部まで延伸され該ウインドウ層の表面まで貫通する凹んだ領域が設けられているものと、該コンタクト層の上に形成された導電透光酸化層とされ、該コンタクト層内に位置する該凹んだ領域を充填し、導電透光酸化層とウインドウ層の界面はそれによりショットキーバリアを形成し、それにより電気抵抗がコンタクト層を経由してウインドウ層に至る部分よりも大きいものと、第2電極とされ、該導電透光酸化層の一部の表面上に形成され、その大きさと位置が該コンタクト層内の該凹んだ領域に対応するもの、以上を少なくとも包括して構成された、発光ダイオードとしている。

【0014】請求項2の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0015】請求項3の発明は、請求項2に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInP多重量子井戸構造を有することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0016】請求項4の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記ウインドウ層がGaP、GaAsP、GaInP、AlGaInP及びAlGaAsの少なくともいずれか一つを有することを特徴とする、

8

発光ダイオードとしている。

【0017】請求項5の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記コンタクト層が、GaAsP、GaP、GaInP及びGaAsの少なくとも一つを包括することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0018】請求項6の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記導電透光酸化層が酸化インジウム錫、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化マグネシウムの少なくとも一つを含むことを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0019】請求項7の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が少なくともGaAsを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0020】請求項8の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記第1クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0021】請求項9の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記第2クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0022】請求項10の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、さらに第1導電型と多数層を有するブラッグ反射層 (distributed Bragg reflector) が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0023】請求項11の発明は、請求項10に記載の発光ダイオードにおいて、上記ブラッグ反射層がAlGaInPとAlGaAsのいずれか一つを少なくとも有することを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0024】請求項12の発明は、第1電極上に形成された基板と、該基板の上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層の上に形成されてその電気抵抗が該第2クラッド層の電気抵抗より小さい第2導電型を有するウインドウ層と、該ウインドウ層の上に形成されたオーミックコンタクト (ohmic contact) を提供するのに用いられる第2導電型を有するコンタクト層とされ、該コンタクト層の一部及び該ウインドウ層の一部に「H<sup>+</sup>あるいはO<sup>+</sup>」のイオンレイアウトにより高抵抗領域が形成されるものと、該コンタクト層と該絶縁領域の上に形成されて電気抵抗が該ウインドウ層及びコンタクト層の電気抵抗より小さい導電透光酸化層と、第2電極とされて、該導電透光酸化層の一部の表面上に形成され、該第2電極の大きさと位置が該ウインドウ層の凹んだ領域に対応するもの、の、少なくとも以上を包括して構成された発光ダイオード

(5)

9

ドとしている。

【0025】請求項13の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0026】請求項14の発明は、請求項13に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInP多重量子井戸構造を有することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0027】請求項15の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記ウインドウ層がGaP、GaAsP、GaInP、AlGaInP及びAlGaAsの少なくともいずれか一つを有することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0028】請求項16の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記コンタクト層が、GaAsP、GaP、GaInP及びGaAsの少なくとも一つを包括することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0029】請求項17の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記導電透光酸化層が酸化インジウム錫、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化マグネシウムの少なくとも一つを含むことを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0030】請求項18の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が少なくともGaAsを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0031】請求項19の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記第1クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0032】請求項20の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記第2クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0033】請求項21の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、さらに第1導電型と多数層を有するブラッグ反射層(distributed Bragg reflector)が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0034】請求項22の発明は、請求項21に記載の発光ダイオードにおいて、上記ブラッグ反射層がAlGaInPとAlGaAsのいずれか一つを少なくとも有することを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0035】

【0036】

【0037】

【0038】

【0039】

10

【0040】

【0041】

【0042】

【0043】

【0044】

【0045】

【0046】

【0047】

【0048】

【0049】

【0050】

【0051】

【0052】

【0053】

【0054】

【0055】

【0056】

【0057】

【0058】

【0059】

【0060】

【発明の実施の形態】本発明の発光ダイオードは、第1電極上に形成された基板と、基板上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、第1クラッド層上に形成された活性層と、活性層上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層を包括する。この発光ダイオードはまた第2クラッド層上に形成された第2導電型を有するウインドウ層を有し、該ウインドウ層の抵抗は第2クラッド層の抵抗より小さい。該ウインドウ層の上には第2導電型を有するコンタクト層が形成されて、オーミックコンタクト(ohmic contact)を提供する。コンタクト層の上には導電透光酸化層が形成され、該導電透光酸化層の抵抗はウインドウ層とコンタクト層の提供より小さい。本発明はさらに電流阻止領域を有する。この電流阻止領域は凹んだ領域を有するコンタクト層と、コンタクト層上に形成された絶縁領域と、コンタクト層とウインドウ層内に形成されたイオンレイアウト領域或いはコンタクト層とウインドウ層内に形成された拡散領域を包括する。

【0061】

【実施例】図5のAは本発明の第1実施例の発光ダイオードの断面図である。底面の電氣的コンタクト部は下層電極50とされる。本発明の実施例では、n形の電極が使用されているが、p形の電極も同様に本発明に適用されて本発明の精神に違反しない。

【0062】基板52が下層電極50の上に形成される。本発明の実施例では、基板52はn形のGaAsとされ、その上にはオーミックコンタクト層53が形成される。また、AlGaInPオーバーラップ層54(通常、活性pn接合層と称される)が基板52上に形成される。本実施例

(6)

11

では、該AlGaInPオーバーラップ層54はn形のAlGaInP下クラッド層540、AlGaInP活性層542、及びp形のAlGaInP上クラッド層544を包括する。該n形のAlGaInP下クラッド層540、AlGaInP活性層542及びp形のAlGaInP上クラッド層544の厚さはそれぞれ1.0、0.75、及び1.0ミクロンとされる。

【0063】本実施例を実施する時には、AlGaInP活性層542は従来のヘテロ接合技術により形成される。該AlGaInP活性層542は周知の多重量子井戸(multiple quantum well; MQW)構造の技術により形成される。量子作用により、AlGaInP活性層542のAl組成が減少されて同じ波長が達成され、酸素の成分が減少される。これにより結晶構造の品質が改善され、且つ発光ダイオードの発光効率も顕著に増加する。さらに量子井戸数が大きくされると、各一つの量子井戸に位置するキャリア密度が下がり、これによりキャリアオーバーフロー減少が低減され、キャリアが有効に量子井戸中に制限される。

【0064】図5のAを参照されたい。ほぼ10ミクロン厚さのp形のウインドウ層56がp形のAlGaInP上クラッド層544の上に形成され、このp形のウインドウ層56の抵抗(0.05Ω-cm)はp形のAlGaInP上クラッド層544の抵抗より小さいか等しい。通常は、このp形のウインドウ層には、通常は透光物質が使用され、例えばGaP、GaAsP、GaInP或いはAlGaAsが用いられる。ウインドウ層56は発光ダイオードの発光効率を増加するのに用いられる。例えば、伝統的な590nmの発光ダイオードでウインドウ層を有さないものの輝度は約15mcdとされる。しかし、p形のAlGaInP上クラッド層544の上にウインドウ層56を増加した後は、約30mcdの輝度を与えられる。

【0065】さらに、図5のAを参照されたい。p形のコンタクト層58がウインドウ層56の上に形成されている。この実施例では、コンタクト層58がGaAsP、GaP、GaInP或いはGaAsで形成されている。そのキャリア濃度は $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ より大きく、厚さは500オングストロームより大きい。これによりウインドウ層56と導電透光酸化層60(この層については後に詳しく述べる)の間に、良好なオーミックコンタクト領域が形成される。導電透光酸化層60の抵抗( $3 \times 10^{-4} \Omega\text{-cm}$ )はコンタクト層58の抵抗(0.05Ω-cm)より小さい。続いて、伝統的なリソグラフィ技術を用いて、コンタクト層58内に中央領域を画定し、この領域を、ウインドウ層56部分が表面に露出するまで蝕刻して除去する。

【0066】通常、酸化錫或いは酸化インジウム錫(ITO)により導電透光酸化層60が形成され、その厚さはほぼ0.1から5ミクロンの間とされる。本実施例で

12

は、導電透光酸化層60はスパッタリング或いはビームスパッタリングで形成される。これにより、550nm(緑光)及び630nm(紅光)の間の発光ダイオードに対して、導電透光酸化層60の透光性は極めて良好となる。導電透光酸化物質と金属の特性は近いため、ウインドウ層56内のキャリア濃度が $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ より小さい時、導電透光酸化層60とウインドウ層56はトンネル効果によりオーミックコンタクトを形成不能となる。導電透光酸化層60とウインドウ層56の界面はそれによりショットキーバリアを形成し、それにより電気抵抗がコンタクト層を經由してウインドウ層に至る部分よりも大きいものとなり、それが電流を阻止するのに用いられる。実験から、導電透光酸化層60とコンタクト層58の間の抵抗はほぼ10オームで、且つ導電透光酸化層60とウインドウ層56の間の抵抗は $10^{14} \sim 10^{15}$ オームであることが分かった。これにより、発光ダイオードが正常な操作状態にある時(電流が約100mA以下)、形成されるショットキーバリアは良好な電流阻止効果を有する。この導電透光酸化層60は活性層542の発射する光を吸収せず、その抵抗値はわずかに $3 \times 10^{-4} \Omega\text{-cm}$ であり、ショットキーバリア部分を除き、注入された電流は発光ダイオード全体に分散し、それにより発光ダイオードの輝度が向上する。

【0067】最後に、p形のコンタクトを導電透光酸化層60の上の一部分に形成して上層電極62となす。この上層電極62はほぼコンタクト層58内の凹んだ領域に対応する。注意すべきは、図5中のAの構造中、導電透光酸化層60と下層電極50、上層電極62以外は、MOVPE法で形成され、これによりその組成、キャリア濃度、組成厚さが正確に制御でき、且つ工程が簡素化されることである。

【0068】図5のBに示されるのは、本発明の第1実施例のもう一種の発光ダイオードの断面図である。これと図5のAに示されるものとの最大の違いは、多層のブラッグ反射層80(distributed Bragg reflector)が基板52上に形成されていることで、それは、AlGaInP或いはAlGaAsにより形成される。本実施例では、ブラッグ反射層80は20層以上を包括する。このブラッグ反射層80は活性層542から来る光線の基板52による吸収を減少し、それにより発光ダイオードの発光効率が向上される。本実施例では、ブラッグ反射層80を使用して80~100mcdの輝度を獲得している。

【0069】図6のAは本発明の第1参考例の発光ダイオードの構造を示し、その中、図5のAと同じ層は同じ符号で示してある。この同じ層は同じ工程で形成される。図5のAとの最大の違いは、コンタクト層59に対する蝕刻前に、コンタクト層59の表面に一つの絶縁層64が形成されることである。続いて、伝統的なリソグラフィ技術とエッチング技術で一部Q絶縁層64が除去



(7)

13

され、図6のAに示される構造が形成される。この絶縁層64は上層電極62と対応する領域にあり、この絶縁層64は電流阻止層として使用される。本参考例では、絶縁層64の材料は酸化シリコン、窒化シリコン或いは酸化アルミニウムとされ、伝統的なPECVDにより形成され、その厚さはほぼ0.1ミクロンとされる。

【0070】図6のBは本発明の第1参考例のもう一つの発光ダイオードの断面図であり、図5のAと図5のBと同じ層は同じ符号で示してあり、同じ層は同じ工程で形成される。図6のBの構造の図6のAの構造との最大の違いは、多層のブラッグ反射層80 (distributed Bragg reflector) が基板52上に形成されていることで、それは、通常、AlGaInP或いはAlGaAsで形成される。本参考例では、ブラッグ反射層80は20層以上を包括する。このブラッグ反射層80は活性層542から来る光線の基板52による吸収を減少し、それにより発光ダイオードの発光効率が向上される。本参考例では、ブラッグ反射層80を使用して80~100mcdの輝度を獲得している。

【0071】図7のAは本発明の第2実施例の発光ダイオードの構造を示し、その中、図6のAと同じ層は同じ符号で示してある。この同じ層は同じ工程で形成される。図6のAとの最大の違いは、コンタクト層59上に絶縁層が形成されず、リソグラフィ技術とイオン注入工程を使用して、一部のコンタクト層59と一部のウインドウ層56内に高抵抗領域66が形成されていることである。この高抵抗領域66はほぼ上層電極62に対応する位置にある。本実施例では注入するイオンは例えば $H^+$  或いは $O^+$  とされて高抵抗領域66を形成して電流阻止層となすのに用いられる。

【0072】図7のBは本発明の第2実施例のもう一つの発光ダイオードの構造を示す。図6のA及び図6のBと同じ層は同じ符号で表示し、この同じ層は同じ工程で形成される。図7のBの構造の図7のAの構造との最大の違いは、多層のブラッグ反射層80が基板52上にされていることで、該ブラッグ反射層80は、通常、AlGaInP或いはAlGaAsで形成される。本実施例では、ブラッグ反射層80は20層以上を包括する。このブラッグ反射層80は活性層542から来る光線の基板52による吸収を減少し、それにより発光ダイオードの発光効率が向上される。本実施例では、ブラッグ反射層80を使用して80~100mcdの輝度を獲得している。

【0073】図8のAは本発明の第2参考例の発光ダイオードの構造を示す。それと図7Aとの間で、同じ層は同じ符号で表示し、この同じ層は同じ工程で形成される。図8のA中、各層の導電型と図7のAの各層の導電型は反対である。図8のA中、電極50、基板52及び下クラッド層540は本実施例ではp形とされ、上クラ

14

ッド層544、ウインドウ層56、コンタクト層59及び電極62の導電型はn形とされる。リソグラフィ技術と拡散方法により一部のコンタクト層59と一部のウインドウ層56内にp形の拡散領域68が形成され、これは図8に示されるとおりである。この拡散領域68の大きさ及び位置は、ほぼ上層電極62に対応する。本参考例では、p形のイオン、例えばZnが拡散されてこの拡散領域68が形成される。拡散の深さはウインドウ層56の厚さを決定する。一般には拡散領域68の底ブラッグ反射層80はウインドウ層56の底ブラッグ反射層80より少なくとも1ミクロン高い。拡散領域68とウインドウ層56の間のpn接合界面に形成されるポテンシャルバリアーが電流阻止に用いられる。

【0074】図8のBは本発明の第2参考例のもう一つの発光ダイオードの構造を示す。図7のA、図7のBと、図8のBとの間で同じ層は同じ符号で表示し、この同じ層は同じ工程で形成される。図8のBの構造の図8のAの構造との最大の違いは、多層のブラッグ反射層80が基板52上にされていることで、該ブラッグ反射層80は、通常、AlGaInP或いはAlGaAsで形成される。本参考例では、ブラッグ反射層80は20層以上を包括する。このブラッグ反射層80は活性層542から来る光線の基板52による吸収を減少し、それにより発光ダイオードの発光効率が向上される。本参考例では、ブラッグ反射層80を使用して80~100mcdの輝度を獲得している。

【0075】以上は本発明の望ましい実施例に関する説明であり、本発明の請求範囲を限定するためのものではなく、その他の本発明と同じ効果を達成するために本発明に基づいてなされた改変或いは修飾は、いずれも本発明の請求範囲内に属するものとする。

【0076】

【発明の効果】本発明により、輝度が高く、工程が簡素化されてコストが安く、結晶品質が改善された発光ダイオードが提供された。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の発光ダイオード構造表示図である。

【図2】従来の別の発光ダイオード構造表示図である。

【図3】従来のさらに別の発光ダイオード構造表示図である。

【図4】従来のさらにまた別の発光ダイオード構造表示図である。

【図5】本発明の第1実施例の2種類の発光ダイオードの構造表示断面図である。

【図6】本発明の第1参考例の2種類の発光ダイオードの構造表示断面図である。

【図7】本発明の第2実施例の2種類の発光ダイオードの構造表示断面図である。

【図8】本発明の第2参考例の2種類の発光ダイオードの構造表示断面図である。



(8)

15

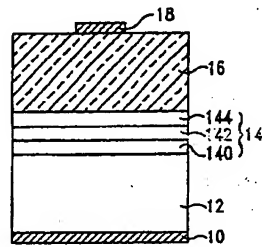
## 【符号の説明】

- 10 下層電極  
 12 n形GaAs基板  
 14 AlGaInPヘテロ接合構造  
 18 上層電極  
 140 n形AlGaInP下クラッド層  
 142 AlGaInP活性層  
 144 AlGaInP上クラッド層  
 16 ウインドウ層  
 20 AlGaInPクラッド層  
 40 p形コンタクト層  
 42 導電透光酸化層  
 19 電極層  
 50 下層電極

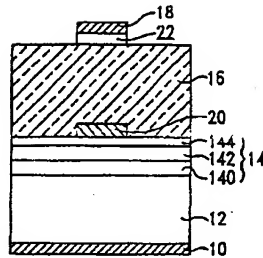
16

- 52 基板  
 54 AlGaInPオーバーラップ層  
 540 下クラッド層  
 542 活性層  
 544 上クラッド層  
 56 ウインドウ層  
 58 コンタクト層  
 60 導電透光酸化層  
 62 上層電極  
 80 ブラッグ反射層  
 59 コンタクト層  
 64 絶縁層  
 66 高抵抗領域  
 68 拡散領域

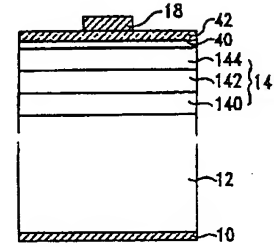
【図1】



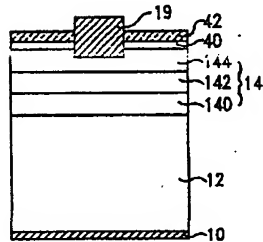
【図2】



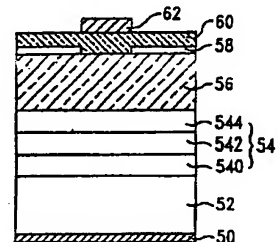
【図3】



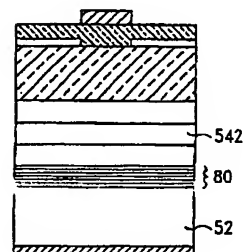
【図4】



【図5】



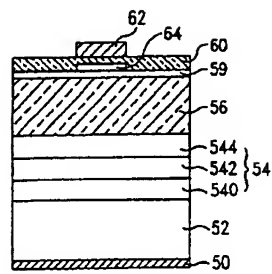
A



B

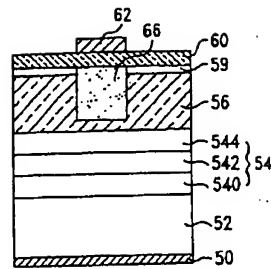
(9)

【図6】



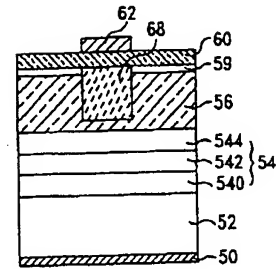
A

【図7】

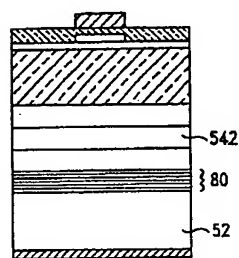


A

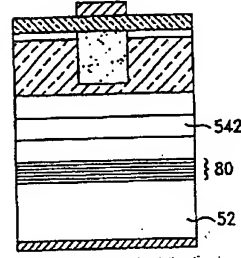
【図8】



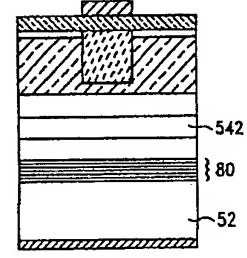
A



B



B



B

フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 平8-148716 (J P, A)  
 特開 平9-129921 (J P, A)  
 特開 平3-291985 (J P, A)  
 特開 平9-107123 (J P, A)  
 特開 昭53-29685 (J P, A)  
 特開 平8-186289 (J P, A)  
 特開 昭55-41714 (J P, A)

(58) 調査した分野(Int. Cl. 7, D B 名)  
 H01L 33/00